

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-130990

(43)Date of publication of application : 18.05.1990

(51)Int.Cl.

H01S 3/23  
H01S 3/08  
H01S 3/101

(21)Application number : 63-283853

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 11.11.1988

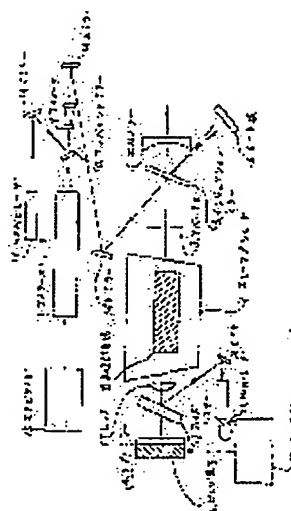
(72)Inventor : FUJIWARA SHIGENORI

## (54) PULSE LASER OSCILLATOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enhance the stability of the device and the alignment precision by a method wherein, within an oscillator in an injection lock mode, the beam diameter of master laser beams is altered by a collimator to be equalized with that of a slave oscillator.

CONSTITUTION: The beams emitted from a master oscillator 1 are overlapped with the visible beams of a HeNe laser 11 to enlarge the beam diameter around three times by a collimator 9. Next, the beams are entered into an injection mirror 15 provided in a resonator of a slave oscillator 2 by metallic mirrors 14a, 14b. The master laser beams reflected on the mirror 15 enter on the optical axis of the oscillator 2 to reciprocate in the resonator passing through a laser exciting region 8 with the beam diameter restricted by an aperture 13. Through these procedures, the alignment with the optical axis can be made with high precision so that the precision of injection lock may be enhanced using the master laser beams efficiently.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-130990

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)5月18日

H 01 S 3/23  
3/08  
3/1017630-5F  
7630-5F  
7630-5FH 01 S 3/23  
3/08Z  
Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全8頁)

⑭ 発明の名称 バルスレーザ発振装置

⑯ 特 願 昭63-283853

⑰ 出 願 昭63(1988)11月11日

⑱ 発 明 者 藤 原 重 徳 神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜川崎工場内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁 理 士 則 近 憲 佑 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

バルスレーザ発振装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 親となるレーザと子となるレーザを持ち親となるレーザから弱い種となるレーザ光を子となるレーザに導入し子となるレーザの強力なレーザ励起領域のゲインを用いて親となるレーザ光と同質の強力なレーザ光を得るインジェクション方式によるレーザ発振器において、親となるレーザ光を子となるレーザに導入する際に親となるレーザと子となるレーザを結ぶ光軸上にコリメータを設けて親となるレーザ光のビーム径を変更したことを特徴とするインジェクションロック方式によるバルスレーザ発振装置。

2. 親となるレーザ光を子となるレーザに導入する際に親となるレーザと子となるレーザを結ぶ光軸上に親となるレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設け親となるレー

ザ光上に可視のレーザ光を重ねさせたことを特徴とするインジェクションロック方式によるバルスレーザ発振装置。

3. 親となるレーザからのレーザ光を子となるレーザの共振器中に導入するためのインジェクションミラーが親となるレーザ光に対してはその反射率が2から20%であり、第2項に於て記述の親となるレーザ光上に重ねさせた可視のレーザ光に対してはその反射率が50%程度であることを特徴とするインジェクションロック方式によるバルスレーザ発振装置。

4. 子となるレーザの共振器中に子となるレーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設け子となるレーザ光上に可視のレーザ光を重ねさせたことを特徴とするインジェクションロック方式によるバルスレーザ発振装置。

5. 子となるレーザの共振器中に子となるレーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視の

ある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーが角度を変更することにより実効的な共振器長を変更する機能を果たすフェイズシフターであることを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

6. ふたつのレーザのレーザ光を重ね合わせるためふたつのレーザの交点となる場所に設けられたミラーを含めて導入するレーザ光軸上に2枚以上のミラーを持ちその内の2枚のミラーが運動して動くことを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

7. 親となるレーザの光軸と子となるレーザとの光軸を親となるレーザのレーザ光はインジェクションミラーの透過光としてまた子となるレーザのレーザ光はこのインジェクションミラーからの反射光として顕微鏡しその光軸を一致させることを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

8. 親となるレーザのレーザ光を子となるレーザの共振器中に導入した後、その子となるレーザ

の共振器の軸と導入した親となるレーザのレーザ光の光軸を子となるレーザの共振器中に設けられたレンズにより光軸の角度をレンズの焦点における位置として変換して顕微鏡しそれら光軸を一致させることを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔発明の目的〕

#### （産業上の利用分野）

本発明は、パルスレーザ発振装置に係り、特にインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置に関する。

#### （従来の技術）

従来より、高品質のレーザ光を得る方法として学術分野ではインジェクションロックによる方法が知られている。

これは、親となるレーザと子となるレーザを組合せ、この親となるレーザから弱い種となるレーザ光を子となるレーザに導入し、子となるレーザの強力なレーザ励起領域のゲインを用いて親とな

るレーザ光と同質の強力なレーザ光を得る方法である。

ここで、学術用語として親となるレーザをマスターレーザ、またその共振器をマスターオシレータとよぶ。そこで、以後はマスターレーザ、マスターオシレータと呼ぶことにする。そして、同様に子となるレーザは、スレーブレーザ、スレーブオシレータと呼ぶこととする。

第2図に、従来の学術研究の分野で用いられてきたインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置を示す。

図において、構成を説明する。マスターオシレータ1から出射したレーザ光はインジェクションミラー5を介してスレーブオシレータ2の共振器光軸上に導入される。インジェクションミラー5から導入されたマスターレーザ光はスレーブオシレータ2の内部にある強力なレーザ励起領域を通過する。

このスレーブオシレータ2はこのインジェクションミラー5と励起領域8を挟んで出力ミラー3

とリアミラー4からなる共振器を持っている。またこの出力ミラー3には導入したレーザ光とスレーブオシレータ2の共振器長との同調のための共振器長制御のためピエゾ素子6が設けられている。

次に動作について説明する。マスターレーザにおいてはグレーチングを用いる、エタロンを用いる等種々の方法により微弱ではあるが非常に高品質のレーザ光が作り出される。しかしここでは非常に微妙な光学素子が用いられ、それらのレーザ光に対する耐力がないため出力を得ることが出来ない。

そこで、この微弱なレーザ光を強力な励起領域を持つスレーブオシレータ2に導入してスレーブオシレータ2の共振器中でその励起領域のゲインを用いて成長させ強力なレーザ光を得るものである。

#### （発明が解決しようとする課題）

従来のレーザ発振器は以上のように構成されているが、これらは研究室レベルで行われたものであるので装置の操作性やアライメントのしやすさ

などは考慮されていない。また、装置としては小規模なものが多く工業用に用いられるような大規模の装置は考えられていない。

本発明は、上記のような課題を解消し、一般工業レベルで用いることの出来るインジェクション方式によるパルスレーザ発振装置を得ることを目的とする。

#### 〔発明の構成〕

##### （課題を解決するための手段）

本発明によるインジェクション方式によるパルスレーザ発振装置は、次のように構成されている。

(1) マスターレーザ光をスレーブレーザに導入する際にマスターレーザとスレーブレーザを結ぶ光軸上にコリメータを設けてマスターレーザ光のビーム径を変更しスレーブオシレータに導入する様に構成されている。

(2) マスターレーザ光をスレーブレーザに導入する際にマスターレーザとスレーブレーザを結ぶ光軸上にマスターレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反

(3) ふたつのレーザのレーザ光を重ね合わせるためふたつのレーザの交点となる場所に設けられたミラーを含めて導入するレーザ光軸上に2枚以上のミラーを持ちその内の2枚のミラーが運動して動く様に構成している。

(4) マスターレーザの光軸とスレーブレーザとの光軸をマスターレーザのレーザ光はインジェクションミラーの透過光としてまたスレーブレーザのレーザ光はこのインジェクションミラーからの反射光として観測出来るように構成している。

(5) マスターレーザのレーザ光をスレーブレーザの共振器中に導入した後、そのスレーブレーザの共振器の軸と導入したマスターレーザのレーザ光の光軸をスレーブレーザの共振器中に設けられたレンズにより光軸の角度をレンズの焦点における位置として変換して観測出来るように構成されている。さらに、このレンズはその主軸がスレーブレーザの光軸と一致するように配置できるような機械精度を持って光軸上に出し入れすることが出来るように構成されている。

射であるコンバインドミラーを設けマスターレーザ光上に可視のレーザ光を重ねさせる様に構成されている。

(6) マスターレーザからのレーザ光をスレーブレーザの共振器中に導入するためのインジェクションミラーがマスターレーザ光に対してはその反射率が2から20%であり、マスターレーザ光上に重ねさせた可視のレーザ光に対してはその反射率が50%程度であるように設定されている。

(7) スレーブレーザの共振器中にスレーブレーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設け、スレーブレーザ光上に可視のレーザ光を重ねさせる様に構成されている。

(8) スレーブレーザの共振器中にスレーブレーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーが角度を変更することにより実効的な共振器長を変更する機能を果たすフエイズシフターとして構成している。

#### （作用）

以上のような構成を有する本発明の作用は次の通りである。

(1) マスターレーザとスレーブレーザではその共振器の大きさが異なりマスターレーザ光をスレーブレーザに導入する際にビーム径が一致しなかった。そこでマスターレーザとスレーブレーザを結ぶ光軸上にコリメータを設けてマスターレーザ光のビーム径を変更しスレーブオシレータのビーム径と一致するようにあわせてスレーブオシレータに導入する。これにより、マスターレーザからのレーザ光がスレーブレーザの共振器中を総て満たすようになり効率よくマスターレーザ光を利用しインジェクションロックの精度を高めることが出来る。

(2) 一般にマスターレーザのレーザ光が紫外領域の光や赤外領域の光である場合はその光軸が観測できない。そこで、マスターレーザ光をスレーブレーザに導入する際にマスターレーザとスレーブレーザを結ぶ光軸上にマスターレーザ光に対し

てはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設けマスターレーザ光上に可視のレーザ光を重ねさせることにより、そのマスターレーザの光軸を観測できるようにすることが出来る。

(3) 前述のようにマスターレーザのレーザ光が紫外領域の光や赤外領域の光である場合はその光軸が観測できない。そこで、マスターレーザ光をスレーブレーザに導入する際にマスターレーザ光に可視のレーザ光を重ねさせるが、共振器中に用いるミラーは発振するレーザに対して適切なものでなければならない。そこでこのインジェクションミラーはマスターレーザ光に対してはその反射率が2から20%である様に設定する。この反射率が余りに小さいとマスターレーザからのレーザ光がスレーブレーザの共振器中に充分導入されずインジェクションロックがうまくかからない。また、反射率が高過ぎると共振器内部での損失が多くなり過ぎレーザ発振の効率が悪くなってしまふ。つぎにこのインジェクションミラーはマスターレー

ザ光をスレーブレーザ光軸上にのせる機能を果たさなくてはならない。そのときにはマスターレーザ光を観測する必要がありそのためには、マスターレーザ光に重ねさせた可視のレーザ光が有用である。そして、この可視のレーザ光を光軸上で観測するためにはこのインジェクションミラーはこの可視のレーザ光に対してある程度の反射率を持たなくてはならない。この反射率がひく過ぎると光軸が観測できないしまた全反射のように高過ぎるとリアミラーあるいは出力ミラーからの反射光が観測できなくなる。そこで、このインジェクションミラーのこの可視のレーザ光に対する反射率を50%程度にすることによりこれが実現する。

(4) 前述と同様にスレーブレーザの共振器中にスレーブレーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設け、スレーブレーザ光上に可視のレーザ光を重ねさせることによりスレーブレーザの光軸を観測できるようになり目視によりスレーブレーザの共振器がアライメン

ト出来るようになる。また、このとき出力ミラーもこの可視のレーザ光が透過するような材質のミラーを用いた場合にはスレーブレーザからの出射光の光軸とこの可視のレーザ光は重なることとなりその光軸が観測できるようになる。

(5) 4項記載のコンバインドミラーのミラー厚みを適切に設定するとミラーの角度を変えることによりミラー通過光路中の実効長を変えることになりスレーブレーザの実効的な共振器長を変更する機能を持たせることが出来る。

(6) 2枚のミラーが迷動して動く様に構成することによりレーザ光の光軸を非常に簡単に平行移動させることが出来る。また操作も一か所だけでよくなる。

(7) マスターレーザのレーザ光はインジェクションミラーの透過光としてまたスレーブレーザのレーザ光はこのインジェクションミラーからの反射光としてマスターレーザの光軸とスレーブレーザとの光軸を観測出来るようにすることにより、このふたつの光軸が一致しているかどうかでイン

ジェクション光のアライメントが正しいかどうかを判別できる。また、その位置を計測することによりインジェクション側のレーザ光のアライメントを行なうことが出来る。

(8) レンズはその主軸がスレーブレーザの光軸と一致するように配置できるような機械精度を持って光軸上に出し入れすることが出来るようにし、マスターレーザのレーザ光をスレーブレーザの共振器中に導入した後、そのスレーブレーザの共振器中においてマスターレーザのレーザ光の光軸をスレーブレーザの共振器中に設けられたレンズにより光軸の角度をレンズの焦点における位置として変換して観測出来るようになり、マスターレーザからのインジェクション光のアライメントが簡便になる。これは、レンズに入射したレーザ光に角度がついている場合、その入射光の角度が主軸に対して $\theta$ ずれているとするとそのレーザ光はレンズの主軸上の焦点位置には集光せず焦点位置からレンズの焦点距離 $f$ と角度 $\theta$ の積、 $f \cdot \theta$ だけずれるようになることを用いるものである。

## (実施例)

本発明の実施例を図を用いて説明する。第1図は本発明の一実施例によるインジェクションロック方式によるレーザ発振器である。

ここでは、マスターオシレータ1として連続発振のCO<sub>2</sub>レーザ、スレーブオシレータ2としてTEA CO<sub>2</sub>レーザが用いられている。これらCO<sub>2</sub>レーザは赤外光であり、目で見えないため、重畳用の可視のレーザとしてHeNeレーザ11が用意されている。もちろん、これらレーザには電源、制御が設けられているがここでは図中に示していない。マスターオシレータは内部にグレーティングをもち波長選択が行われる。さらに発振モードはシングルであり縦モードの安定化機構としてスタビライザ15が設けられている。

スレーブオシレータの共振器は平面のリアミラー4と曲率をもった出力ミラー3とから構成され、リアミラーにはピエゾ素子6が設けられており、ピエゾドライバ7により駆動される。そして、このピエゾ素子が伸び縮みすることにより共振器長

インジェクションミラーはCO<sub>2</sub>レーザの波長10.6ミクロン帯においては10%反射となるようコーティングが成されている。そして、一般にZnSe製のミラーではその素材の特性からHeNeレーザ光の波長0.6ミクロン帯では60%程度の反射率をもつようになっている。

インジェクションミラーにより反射されたマスターレーザ光はスレーブオシレータの光軸上へ入射する。この入射したスレーブオシレータの共振器光軸上にはビーム径を制限する機構を持つアパーチャ13が設けられている。このアパーチャ径はスレーブオシレータの発振モードをシングルにするのに適切なようφ10mmに設定されている。

アパーチャを通過したマスターレーザ光はスレーブレーザの放電部のレーザ励起領域8を通過する。そして、リアミラー4に到達して反射されスレーブオシレータの共振器中を往復する。

リアミラー直前にはZnSe製のCO<sub>2</sub>レーザの波長10.6ミクロン帯においては無反射となるようコーティングが成された厚み15mmのフェイズシフタ

が変化させられる。

マスターレーザの光軸上にはHeNeレーザ光が金蒸着されたミラー面を持つミラー14cとZnSe製のコンバインドミラー10を介して重畳させられる。このZnSe製のコンバインドミラーには、CO<sub>2</sub>レーザの波長10.6ミクロン帯においてはar/arコーティングが成されておりHeNeレーザ光の波長0.6ミクロン帯では95%以上の反射率を持つようコーティングが成されている。

そして、このミラー14cとコンバインドミラー10はその角度が連動して動くように連結されている。

この可視光を重畳されたマスターレーザ光はコリメータ9に入射する。ここで、ビーム径が約3mm程度であったマスターレーザ光は重畳されたHeNeレーザ光とともに3倍に拡大される。

この拡大されたマスターレーザ光は金属ミラー14aと14bにより、スレーブオシレータの共振器中に設けられたインジェクションミラー5に入射される。

ここでもHeNeレーザ光がミラー14cとこのフェイズシフターとによりスレーブオシレータの光軸上に重畳されている。

また、インジェクションミラーの背後にはレーザ光のビームモニター板6が設けられているこのビームモニター板は蛍光板であり紫外線を当てると発光するがCO<sub>2</sub>レーザ光の照射により発光がきえ黒く見えるものである。

ここでは、インジェクションミラーを透過したマスターレーザ光と発振したスレーブレーザの共振器光軸からインジェクションミラーにより取り出されたスレーブレーザ光が観測できる。

第3図には、レンズを用いた光軸の観測機構の図を取り出して説明のための構成図を示した。レンズ17はシリンダー18に接続されて駆動されスレーブレーザの光軸と直交するように配置されたガイド19の中を移動する。マスターレーザの光軸を観測するときは光路中に挿入されスレーブレーザが発振するときには光路上から待機した位置におかれる。

第4図(a),(b)には連動して動く2枚のミラーの駆動機構の説明のための構成図を示した。ミラー14は、支点21により支持されている。そして2枚のミラーは連結バー21により接続されている。この連結バーとミラーとの接続点は二つのミラーとも支点との距離を等しくしてある。そうすることにより、片方のミラーを動かすと他方のミラーも同じ角度だけ動くようにすることができる。このとき、上面および側面において接続することにより上下方向と左右方向のいずれにおいて同じ様に動くようにすることができる。

また、第5図(a),(b)には、その動作原理図を示した。

第6図(a),(b)には、インジェクションミラーの反射率の選定理由を示した。

以上のような構成を有する本実施例の作用は次の通りである。

コリメータを用いることによりビーム径3mmのマスターレーザ光を3倍にして9mmとしてスレーブレーザのビーム径10mmとほぼ一致させることが

ミラーを連動して動くようにしたことにより得られる効果を第5図を用いて説明する。いま2枚のミラーが平行に保たれて配置されているとする。このとき、レーザ光が角度 $\alpha$ で入射したとすると、この入射光は平行の幾何学の原理により二枚目のミラーに対しても角度 $\alpha$ で入射することになる。また、このときの入射光と出射光は平行である。次に、2枚のミラーが角度を $\alpha$ だけ変更し入射光の角度 $\beta$ となったとする。このとき2枚のミラーの角度は平行に保たれているものとする。すると前述同様に二枚目のミラーへの入射光の角度は $\beta$ となり入射光と出射光も平行となる。しかしこのとき、この入射光と出射光との距離 $d_1$ と $d_2$ が異なったものとなりビームが平行移動したことになる。

第6図aにインジェクションロック方式の共振器の主要部分を示しそのインジェクションミラーの反射率を $x\%$ としリアミラーの反射率はほぼ100%であるとしてリアミラーから帰ってきた光が再度インジェクションミラーを通して出力ミラーへ到達する割合を $a$ としたときの関係式を示し

出来る。

またHeNeレーザ光を各々のCO<sub>2</sub>レーザ光に重ね合わせるにより目視により観測できるようになり光軸のアライメントが大変楽に行えるようになる。

マスターレーザの出力ミラーから出射されるレーザ光にもHeNeレーザ光が重ね合わせられることとなり、スレーブレーザのレーザ光を用いるときのアライメントにおいても大変便利になる。

ビームモニター板ではマスターレーザの光軸とスレーブレーザの光軸の一致度が目視により確認できる。

レンズを用いることでは位置だけの観測では判別できなかった光軸の角度の変化量を検出することが出来る。この作用を第3図を用いて説明する。レンズの主軸と角度が $\theta$ だけずれて入射したレーザ光はその焦点をレンズの主軸から $d = f \theta$ の関係となる位置へ結ぶ。そのため、見かけ上は中心にあったように見えたレーザ光が角度ずれをしていることを検出することができる。

た。この関係式をグラフとして示したものが第6図bである。このグラフで判るように出力ミラー位置で可視のレーザ光が一番明るく見えるのは透過率が50%の時である。ただし、この範囲はかなり広く可視光の強度を入射時の強度の20%迄認めるとすると約30%から70%でよいことになる。

本実施例により、インジェクションロック方式によるレーザ発振器における安定度を向上させそのアライメントの精度を高めやりやすくなることができた。

なお、前記実施例においては、CO<sub>2</sub>レーザについてのみの実施例を示したがレーザの種類はなんでも良く例えばエキシマレーザやCOレーザでも良い。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明により、インジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置における安定度を向上させそのアライメントの精度を高めやりやすくなることができた。

#### 4. 図面の簡単な説明

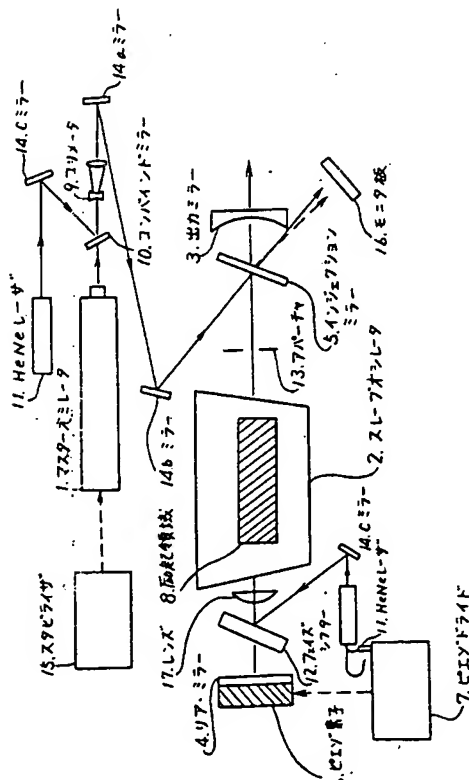


第1図は本発明によるインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置の構成図、第2図は従来から用いられてきたインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置の構成図、第3図はレンズを用いた光軸の制御機構のみを取り出して説明のための構成図、第4図は連動して動く2枚のミラーの駆動機構の説明のための構成図、第5図はその動作原理図、第6図はインジェクションミラーの設定理由の説明図である。

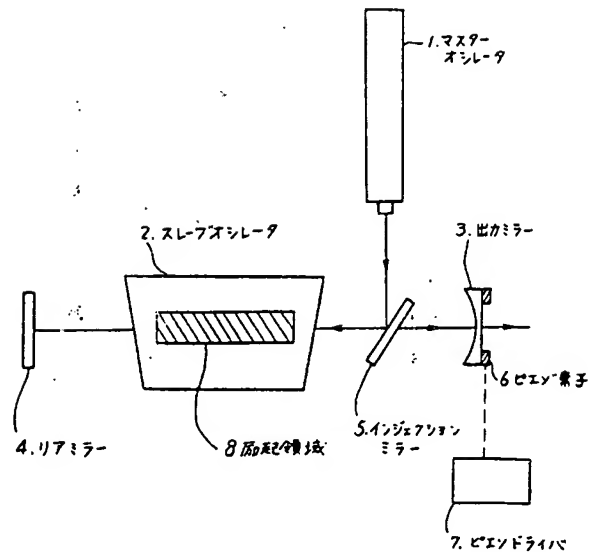
- 1…マスターオシレータ
- 2…スレーブオシレータ
- 3…出力ミラー
- 4…リアミラー
- 5…インジェクションミラー
- 6…ピエゾ素子
- 7…ピエゾドライバ
- 8…励起領域
- 9…コリメータ
- 10…コンバインドミラー
- 11…HeNeレーザ

- 12…フェイズシフター
- 13…アパーチャ
- 14a…ミラー
- 14b…ミラー
- 14c…ミラー
- 15…スタビライザ
- 16…モニター板
- 17…レンズ
- 18…シリンダ
- 19…ガイド
- 20…支点
- 21…遮断バー

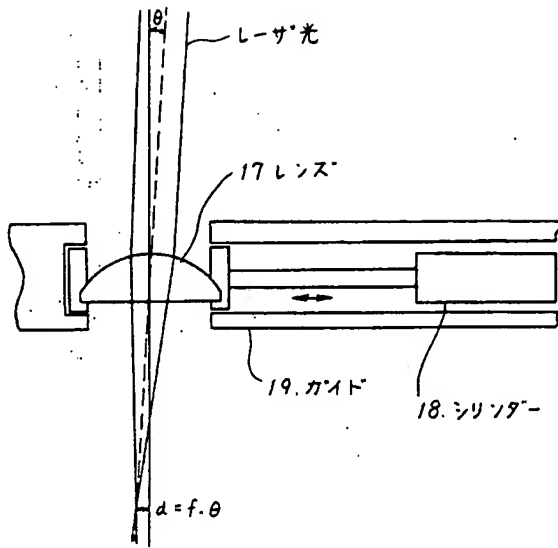
代理人 井理士 則 近 藤 佑  
岡 弟子丸 健



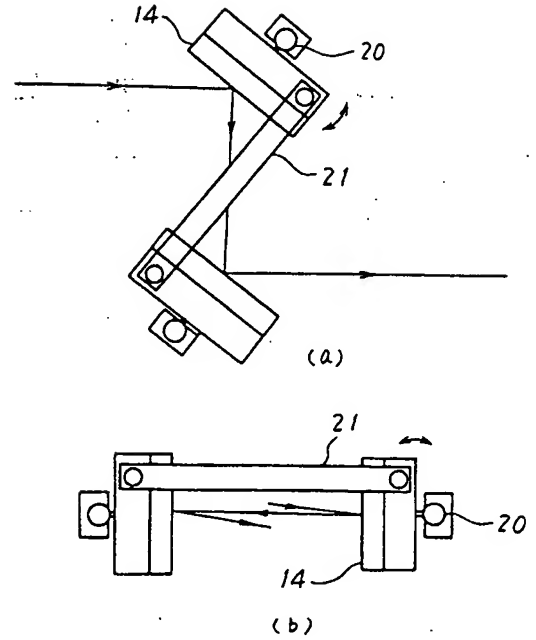
第 1 図



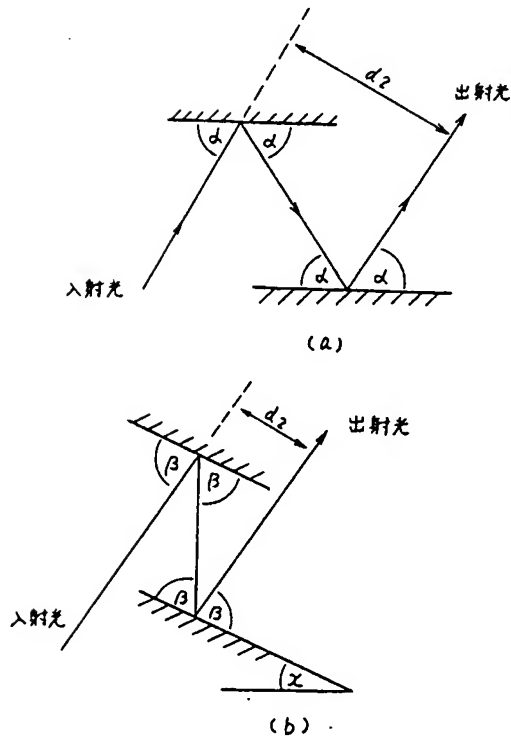
第 2 図



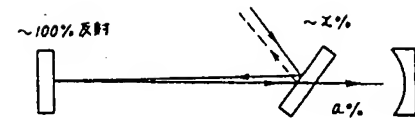
第 3 図



第 4 図

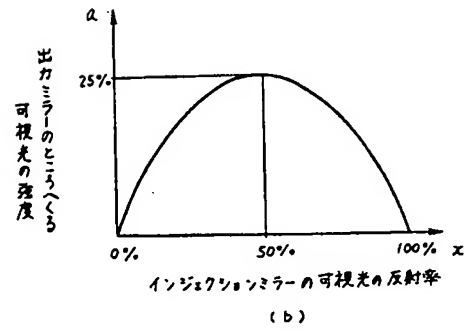


第 5 図



$$a = x(100 - x)$$

(a)



第 6 図